

**産学共創基礎基盤研究プログラム**  
**技術テーマ「テラヘルツ波新時代を切り拓く革新的基盤技術の創出」**  
**追跡評価報告書**

## 1. 総合所見

本技術テーマは、テラヘルツ産業分野が未形成で未成熟である一方で、新たな産業展開として興味を持つ企業群が少なくなく、具体的な産業展開の方向自体を探索している状況の中で平成 22 年度に設定された。この点で極めてタイムリーな技術テーマの設定であった。また産業界の技術の囲い込みがないオープンな状況で、学と産が同じ場で議論しあうことで、双方が刺激を受けるとともに、改めて社会課題に向き合い続けることができたと評価できる。また、テラヘルツテクノロジープラットフォーム（TTP）を独自に用意し、成果を広く産業界を含めてオープンに試用できるようにしたことは、研究者のみならず産業界からも高く評価された。

採択課題の中で、継続中及び派生的に創出された成果による研究継続が 84%に達し、うち 1/3 強が企業との開発課題になっている点は評価できる。一方で、生産技術開発や実用環境での生産検証に至っているものは 1 件だけで、プロトタイプ作成・評価が 6 件ということは、この分野の成熟度の低さの表れである。本プログラムは 10 年にわたりテラヘルツ分野の R&D を支えてきたことから、産学共創という部分で効果があったと言えるが、社会実装には未だ道半ばのテーマが多く、本プログラムのような研究開発支援プログラムが継続的に設置されることを期待する。

## 2. 研究開発成果の発展状況や活用状況

実用化の目途がついて研究開発を終了した研究課題がなかったのは残念であるが、本プログラムは、基礎から応用を見据えた研究課題が多く、必ずしも実用化を目指した研究課題ばかりが採択されている訳ではないことからすれば、全体の約 1/3 が企業との連携体制で研究開発を継続していることは、本プログラムの大きな成果と言える。また、多くの研究課題が本技術テーマ実施当時の研究を継続しており、技術テーマ全体としての研究課題の設定、研究計画は妥当であったと考える。しかし、企業との共同研究に大きく発展した例は少なく、未だ多くは基礎研究レベルに留まっていることもわかった。研究継続のための資金は、企業の資金提供または競争的研究費が主体であり、後者が 80% を占めている。資金を得て発展させている、継続していると言っても、研究開発資金の多くは公的資金であり、基礎研究段階における発展・継続である。本プログラムのような、実用化を意識した支援プログラムによる継続的な支援が必要である。

## 3. 研究開発成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用及び波及効果

テラヘルツ光源、検出器、センシングシステムの 3 分野で大きな進展があった。光源に関しては、半導体による小型の共鳴トンネルダイオード (RTD) が高出力化を目指した構造や大規模なアレイ構成などでプロジェクト終了後も成果をあげている。また、固体

の非線形光学に基づく独自性ある高出力光源は、高性能化とセンシングへの応用展開の例示にまで進んできた。

結果としてではあるが、多くの検出器に関する研究がまとまって実施された点は、発振器の開発に注目が集まりがちなか中で、学術的にも大きな意義があった。しかし、方式の異なる検出器の評価軸が多くあり、統一した比較が出来なかった。本技術テーマとして統一的な見解が出せるような議論が出来ればさらに良かったと思う。

テラヘルツの様々な分野における応用の端緒となる幅広い技術にチャレンジした点も、科学技術への貢献として挙げられる。バイオや化学への展開は、実社会に還元されるまでには時間を要するが意義深く、本技術テーマでの研究終了後に大きな展開を見せている研究課題も少なくない。社会経済への現時点での直接の波及効果は限定的だが、テラヘルツ分野の技術の厚みを増したという点は評価できる。社会実装には至らなくとも、当該分野の研究機関間の連携が極めて活発になり、研究成果が他の関連研究の加速や方向転換に貢献するなど、その波及効果は顕著である。

本プログラムで実施した TTP は、特に共鳴トンネルダイオード (RTD)、FMB (Fermi-level Managed Barrier) ダイオードなどの半導体デバイスの試作で威力を発揮している。産業展開に向けた研究開発の進展に目を向けると、本技術テーマの実施中に半導体検出器研究の一部が技術移転され、製造販売に至ったことは大きい。また、これら半導体の光源と検出器の研究成果が ACCEL プログラムへと繋がり、社会実装への展開が進んでいる。TTP のようなテクノロジープラットフォームを、単なるプロトタイプ試作で終わらず社会実装へ繋がる研究開発の展開方法として、今後の JST のプログラム運営に生かしてほしい。

#### 4. 研究開発成果に対する制度支援の効果

サイトビジット及び参加研究者の会合は、JST のプログラムでは一般的に常に用意されているが、「産学共創の場」のように研究者以外の産業界の参加者を含めた集まりはあまり例が無い。この場で汲み上げた産業界からの発言が、研究者に予想以上に届いていたようである。企業での応用展開に関心が高くなかった研究者も、共創の場で得られた知見をもとに研究を発展させた例が散見された。またこの場では、研究者の成果報告や技術質疑にとどまらず、開発体制の見直しや目標設定の見直しなどもオープンに議論できるように運営され、これにより研究者自身の研究マネジメント意識を高め、研究者間の連携議論にも発展した事例もあり、良い取り組みであった。また、サイトビジットにおける PO やアドバイザーとの意見交換は、現場ならではの正しい理解のもと、その場で必要な研究の方向性の修正などを的確・柔軟に行えた。

本技術テーマで独自に設定した TTP はユニークな取り組みであり、開発された光源や検出器をテスト的に使用することは、研究開発の方向性を決めるために重要な役割を果たし、利用する産学双方の研究者に大変効果的であった。ACCEL プログラムへの展開は、TTP による半導体デバイス開発の支援成果の一つでもある。

#### 5. その他

多くの産学連携プロジェクトでは、その産業利用、社会実装が見え始めた時には欧米

の先行例が既にあり、それに追随することが多く、昨今の世界の情勢では後塵を拝することになりかねない。一方で、我が国において独自の科学技術が世界的レベルで立ち上がりリードしている分野では、対応する産業が未形成・未成熟あるいは無関心であることも多く、このような状況下では国の開発支援は大変重要になる。テラヘルツ分野はまさにこの状況にあり、本プログラムの運営の仕組みを有効に活用して成果を上げたが、産業レベルが未成熟である故、技術の展開には多くの課題が残された。他方、他のプログラムで見られるような応募前に企業と大学のマッチングから始まる場合は、企業も当事者として参画することになり、研究テーマとタイミングにより大きな進展を見ることも少なくない。テラヘルツ分野においても、アカデミアと企業がチームで応募する機会が増えれば、産業レベルの向上に繋がると期待する。

本プログラムによりデバイス技術の見通しは得られてきたが、本格的に商用化を加速するには市場規模の着実な成長が必須であり、テラヘルツの応用技術、サービスの創出にも継続的な支援と先導が必要と考える。長期的、将来的には、さらに若手のプログラムオフィサーをどのように育成してゆくかも含めて検討が必要である。産学共創基礎基盤研究プログラムは、残念ながらわずかに5つの技術テーマを設定したのみで終了してしまっただが、我が国独自の強い研究シーズに基づく研究支援制度として、再登場を期待したい。

Beyond 5G, 6G への展開やセキュリティー応用はますます急務の課題になりつつある。今後も半導体を用いたデバイスや光デバイスは応用展開とリンクさせながら継続的に発展させる必要があり、更なる新たな研究プログラムの設立が不可欠である。

プログラムの運営については、同じテーマ内容で複数のチームを採択し、ステージゲート審査を途中で行って良いチームを選別するなど、より競争的な制度も今後はあって良い。また、比較的長期間継続するプログラムにおいては、プログラムの中間評価結果を後半の運営に反映する仕組みを作るべきである。現在の研究活動にも繋がるなどの有効性が認められる TTP の運営においては、本技術テーマの後半で予算の可能な範囲で必要な研究課題に研究費の追加配賦を実施する対応をとったが、今後新たに設定されるプログラムでは、スキームとして適切な追加予算措置を予め設定しておくことが望ましい。

以上